

基于 GIS 的瓜蚜种群空间结构和分布模拟^{*}

朱猛蒙¹ 蔡凤环² 张 蓉^{1*} 张 怡¹ 陈宏灏¹ 高立原¹ 赵紫华¹ 惠 仓³

(¹ 宁夏农林科学院植物保护研究所, 银川 750002; ² 宁夏出入境检验检疫局, 银川 750001; ³ 斯坦陵布什大学动植物研究所, 南非开普敦 7602)

摘 要 运用地理信息系统(GIS)和地统计学分析方法,对2008年宁夏环香山地区压砂西甜瓜瓜蚜种群空间结构进行分析,并基于不同模型的普通Kriging插值法模拟了瓜蚜种群空间分布格局.结果表明:研究区瓜蚜数量在不同发生时期(初发期、盛发期和盛末期)均显示出明显不同的空间结构,其半变异函数均为指数型或高斯型,田间种群空间格局均呈聚集分布,不同时期的聚集程度(1-变异程度)均大于45%,空间相关范围在10.37~29.11 km,空间变异主要受空间自相关影响;空间分布模拟较好地时间、空间两个角度直观地模拟不同时期瓜蚜种群的动态变化,易于确定瓜蚜的发生范围和发生程度.

关键词 瓜蚜 GIS 种群 空间结构 分布模拟

文章编号 1001-9332(2010)10-2691-06 **中图分类号** S431.9 **文献标识码** A

Spatial structure and distribution simulation of *Aphis gossipii* Glover population based on GIS. ZHU Meng-meng¹, CAI Feng-huan², ZHANG Rong¹, ZHANG Yi¹, CHEN Hong-hao¹, GAO Li-yuan¹, ZHAO Zi-hua¹, HUI Cang³ (¹*Institute of Plant Protection, Ningxia Academy of Agricultural Sciences, Yinchuan 750002, China*; ²*Ningxia Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Yinchuan 750001, China*; ³*Centre for Invasion Biology, Department of Botany & Zoology, Stellenbosch University, Private Bag X1, Matieland 7602, South Africa*). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2010, 21(10): 2691–2696.

Abstract: Based on geographic information system (GIS) and geostatistical analysis, this paper studied the spatial structure of *Aphis gossipii* Glover population in Xiangshan District of Zhongwei City, Ningxia Province, with the spatial distribution of the population simulated by ordinary Kriging interpretation. The spatial structure of *A. gossipii* population varied with its occurrence stage (initial, blossom, and final stage). The semivariograms of *A. gossipii* could be described by exponential or Gaussian model, indicating that *A. gossipii* had an aggregated spatial arrangement. The aggregation degrees at different occurrence stages were all beyond 45%, and the spatial correlation ranged from 10.37 km to 29.11 km. The spatial variance was greatly affected by spatial autocorrelation. The population dynamics of *A. gossipii* at its different occurrence stages could be easily analyzed and intuitively simulated from the two aspects of time and space by spatial distribution simulation, and thus, the occurrence position and degree of *A. gossipii* could be easily determined.

Key words: *Aphis gossipii* Glover; GIS; population; spatial structure; distribution simulation.

在明确病虫害种群空间结构的基础上,对其进行空间建模,模拟并预测病虫害发生发展趋势是生态理论应用于农业生产的一个重要方面.随着信息技术的迅速发展,尤其是地理信息系统(geographic information system, GIS)和地理统计学(geostatistics)

等相关技术、理论的发展,为昆虫种群时空动态的研究开辟了有效途径,并成为目前在区域性害虫种群暴发、消长、迁移及分布规律研究方面的关键技术^[1-2].充分发挥GIS对空间数据处理的支持能力,结合地理统计学基于空间距离效应的空间自相关关系理论和害虫生物学特性,可以实现对害虫空间分布、空间相关分析、害虫发生动态的时空模拟^[3].其中,空间结构分析和插值模拟结合可对某个区域内

^{*} 国家科技支撑计划项目(2007BAD54B04)资助.

^{**} 通讯作者. E-mail: zhangrong_nx@yahoo.com.cn

2010-04-15 收稿,2010-08-10 接受.

的生物量进行整体估计,该方法的估计值比经典方法更精确,可有效避免系统误差^[4-5],与传统分析方法相比,该方法更注重空间关系,可以明确病虫害空间分布结构类型及具体的空间分布.这些特点为进一步理解和认识病虫害灾变生态规律提供了有力的技术支持.国外^[6-10]和国内^[11-13]相继利用该技术开展了相关研究.

西甜瓜产业在宁夏优势特色农业中始终占有重要地位.宁夏的压砂西甜瓜主要分布在环香山地区的荒漠草原区,近几年发展迅速,2009 年生产规模已达 $6.7\times 10^4\text{ hm}^2$, 在我国西甜瓜产业中占独特位置^[14].随着压砂瓜种植面积的剧增和集中连片种植,西甜瓜的害虫问题日趋突出,其中瓜蚜 (*Aphis gossypii* Glover) 是最重要的害虫之一,其发生和危害呈逐年上升趋势.本文结合 GIS 和地统计学方法,研究了宁夏环香山地区瓜蚜不同时期的空间分布格局和空间结构,并模拟了不同时期种群空间分布格局,旨在揭示昆虫空间种群动态信息及变化规律,并为深入研究瓜蚜的分布扩展及区域化预测提供重要依据.

1 材料与方法

1.1 数据采集

2008 年,以宁夏环香山地区压砂瓜种植区为研究区域,依据压砂瓜瓜蚜发生规律和系统调查结果,考虑压砂瓜的种植分布,选择非网格取样方法,采用 GPS 定位,共布设了 88 个调查样地 (图 1). 2008 年 6 月 10 日 (始发期)、7 月 6 日 (盛发期) 和 7 月 30 日 (盛末期) 采集数据,每块样地均采用棋盘式五点取样法^[2],每样点调查 10 株瓜,每样地共调查 50 株,调查整株瓜上的瓜蚜数量.数据采集区域涉及中卫市香山乡、永康镇、兴仁镇和中宁县喊叫水乡共 4 乡镇 16 行政村,涵盖压砂地面积达 $3.5\times 10^4\text{ hm}^2$.

1.2 空间地理数据库的建立

本研究使用的空间数据库 (比例尺为 1 : 25 万) 包括源于中国科学院地理科学与资源研究所的中卫市行政区划、地形、地貌、气候、数字高程、土地利用数据.

1.3 瓜蚜空间格局的地统计分析

地统计学是以区域化变量理论为基础,以半变异函数为主要工具,研究在空间分布上既有随机性又有结构性的自然现象.对于调查的数据系列 $z(x_i)$ ($i=1,2,\cdots,n$),样本半变异函数 $\gamma(h)$ 可用下式计算:

$$\gamma(h)=\frac{1}{2N(h)}\sum_{i=1}^k[z(x_i)-z(x_i+h)]^2$$

式中: h 为分割两样点的距离; $N(h)$ 为被 h 分割的数据对 (x_i, x_i+h) 的对数; $z(x_i)$ 和 $z(x_i+h)$ 分别为点 x_i 和点 x_i+h 处样本的测量值.半变异函数的 3 个重要参数 [变程 (a)、基台值 ($C+C_0$) 和块金值 (C_0)] 可反映昆虫种群空间格局或空间相关类型以及空间相关范围^[15-16].通过计算压砂瓜瓜蚜种群的半变异函数曲线和选择适合的半变异函数模型,可分析压砂瓜瓜蚜的空间格局及空间相关关系.空间结构分析在 ArcGIS 9.2 软件平台的地统计模块上进行.

1.4 半变异函数最优模型的构建

确定模型的精确程度,通常可按照模拟误差最小原则进行评判:1) 平均预测误差尽可能接近 0; 2) 均方根误差 (RMS) 尽可能小; 3) 平均克立格标准差尽可能小; 4) 无偏估计 (平均标准差) 尽可能接近 0; 5) 一致性估计 (均方根标准差) 接近 1^[17]. 本研究根据模拟误差最小原则对半变异函数模型进行评判,使用 4 种不同生态学意义模型 (球型模型、指数模型、高斯模型和圆型模型^[18-20]) 中合适的模型来模拟压砂瓜瓜蚜种群空间分布动态.球型半变异函数说明所研究的种群是聚集分布,其空间结构是当样点间隔距离达到变程之前,样点的空间依赖性随样点间距的增大而逐渐降低.与球型模型类似,指数型半变异函数所研究的种群也是聚集分布,但其基台值为渐近线.非水平直线型的半变异函数表明种群为中等程度的聚集分布,其空间依赖范围超过研究尺度.水平直线或稍有斜率的半变异函数为随机分布,块金值等于基台值,表明在研究尺度下没有空间相关性.

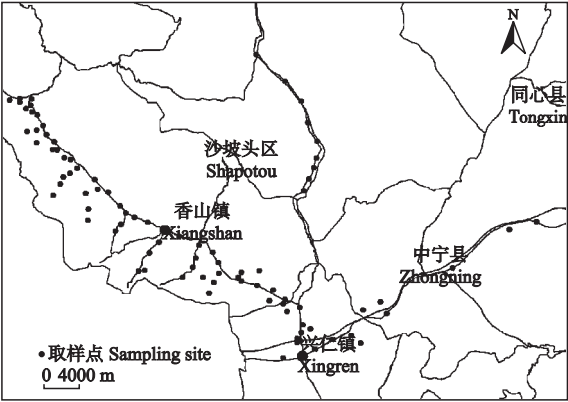


图 1 采样点分布图
Fig. 1 Distribution of sampling sites.

2 结果与分析

2.1 瓜蚜最优模型的构建

按照模拟误差最小原则确认了本研究中 3 个时期的瓜蚜最优化模型. 由表 1 可以看出:6 月 10 日, 普通克里格高斯函数模型最优;7 月 6 日, 普通克里格指数函数模型最优;7 月 30 日, 普通克里格指数函数模型最优. 3 个时期瓜蚜空间结构拟合的模型虽有所差别, 但均适用于普通克里格插值方法.

2.2 基于地统计学的瓜蚜空间结构分析

研究区瓜蚜种群数量在瓜蚜始发期(6 月 10

日)和盛发期(7 月 6 日)都显示了明显的空间结构, 空间分布类型均为聚集格局, 存在一定的空间相关性和明显的结构性, 表明种群分布具有空间连续性, 且其强度随着距离的延长而减弱(表 2), 盛末期(7 月 30 日)瓜蚜聚集格局不明显(表 2).

2.3 不同时期瓜蚜种群空间分布的模拟

在空间相关性分析的基础上, 基于选择的相应模型进行普通 Kriging 插值(普通 Kriging 插值的模拟误差最小), 模拟不同时期瓜蚜的空间分布, 这种模拟不是简单的距离加权, 而是建立在对整个研究区域所有样点的空间相关分析基础之上.

表 1 不同空间插值方法下瓜蚜半变异函数模型的误差分析

Tab.1 Error analysis of different semivariogram models of <i>Aphis gossipii</i> with different spatial interpolation methods						
日期 Date (m-d)	模型 Model	平均预测误差 Average predicted error	均方根误差 Mean square error	平均克里格标准差 Average Kriging SD	无偏估计 Unbiased estimation	一致性估计 Consistent estimation
6-10	球型模型 Spherical model-OK	3. 233	365. 2	228. 8	0. 0123	1. 51
	指数模型 Exponential model-OK	2. 684	369. 4	221. 9	0. 0106	1. 54
	圆形模型 Circular model-OK	-0. 643	350. 0	221. 5	-0. 0039	1. 47
	高斯模型 Gaussian model-OK	-0. 782	347. 4	225. 2	-0. 0041	1. 45
	球型模型 Spherical model-DK	-21. 920	341. 9	165. 4	-0. 1211	1. 96
	指数模型 Exponential model-DK	-19. 910	347. 2	156. 0	-0. 1074	2. 06
	圆形模型 Circular model-DK	-27. 600	336. 5	167. 8	-0. 1520	1. 89
	高斯模型 Gaussian model-DK	-0. 782	347. 4	225. 2	-0. 0041	1. 45
7-6	球型模型 Spherical model-OK	8. 491	192. 1	153. 2	0. 0428	1. 22
	指数模型 Exponential model-OK	0. 098	204. 3	151. 6	-0. 0094	1. 32
	圆形模型 Circular model-OK	8. 706	192. 0	153. 6	0. 0440	1. 21
	高斯模型 Gaussian model-OK	7. 744	190. 3	154. 6	0. 0386	1. 19
	球型模型 Spherical model-DK	-6. 473	189. 8	95. 4	-0. 0698	1. 94
	指数模型 Exponential model-DK	-5. 439	191. 3	95. 9	0. 0611	1. 96
	圆形模型 Circular model-DK	-6. 505	191. 1	95. 6	-0. 0697	1. 95
	高斯模型 Gaussian model-DK	-5. 992	188. 9	97. 9	-0. 0604	1. 87
7-30	球型模型 Spherical model-OK	0. 252	21. 6	16. 3	0. 0066	1. 35
	指数模型 Exponential model-OK	0. 103	22. 2	16. 3	0. 0019	1. 34
	圆形模型 Circular model-OK	0. 283	21. 4	16. 6	0. 0075	1. 31
	高斯模型 Gaussian model-OK	0. 676	21. 2	16. 0	0. 0283	1. 41
	球型模型 Spherical model-DK	-0. 989	19. 8	8. 4	-0. 1217	2. 35
	指数模型 Exponential model-DK	-1. 059	19. 9	7. 9	-0. 1261	2. 45
	圆形模型 Circular model-DK	-0. 986	19. 8	8. 5	-0. 1208	2. 34
	高斯模型 Gaussian model-DK	-1. 109	19. 8	8. 7	-0. 1385	2. 35

OK: 普通克里格 Ordinary Kriging; DK: 离散克里格 Disjunctive Kriging. 下同 The same below.

表 2 不同时期瓜蚜种群数量的半变异函数模型参数及空间格局

Tab.2 Parameters of semivariogram function model and pattern of <i>Aphis gossipii</i> in different periods							
日期 Date (m-d)	模型 Model	变程 Range (α)	块金值 Nugget (C_0)	偏基台值 Pre-sill	基台值 Sill (C_0+C)	空间变异程度 Variance [$C_0/(C_0+C)$]	空间格局 Pattern
6-10	高斯模型 Gaussian model-OK	29. 11	45394	38570	83964	54. 06	聚集分布 Aggregated pattern
7-6	指数模型 Exponential model-OK	11. 96	11277	21741	33018	34. 15	聚集分布 Aggregated pattern
7-30	指数模型 Exponential model-OK	18. 24	0	1001. 7	1001. 7	0	-

在瓜蚜始发期(6月10日),该虫的空间变异程度为54.06%,聚集程度较高,种群空间相关范围为29.11 km(图2A),即瓜蚜在直径为29.11 km的区域中能相互影响;在瓜蚜的盛发期(7月6日),瓜蚜种群密度上升,种群相关范围缩小为11.96 km(图2B),空间变异程度也随之下降为34.15%,说明瓜蚜聚集程度较强,受空间自相关引起的的空间变异的成分较大,空间随机程度降低;瓜蚜盛末期(7月30日),其种群数量最低,空间变异程度为0,相关

范围为18.24 km(图2C).表明研究区瓜蚜分布有较强的距离相关性,在较大范围内(11.96~29.11 km),田间种群呈聚集分布,其半变异函数曲线均为指数型和高斯型,不同时期的聚集程度(1-变异程度)均大于45%.模型很好地体现了瓜蚜的空间动态.从不同时期瓜蚜种群的插值结果分布图可以看出,瓜蚜种群不同时期都表现出明显的片状和斑块分布特点,说明其在空间上呈聚集分布格局,而各期的聚集程度有所差异.

6月10日,瓜蚜种群聚集程度最高,与其实际的空间结构相符,东西走向形成2个聚集中心,分别位于中宁县喊叫水乡新庄子村以及中卫市城区香山乡新水村和三眼井村,平均每株瓜蚜量分别达2619和1641头,发生程度属于重度发生,其余各地发生程度均处于中度或中度以下.7月6日,瓜蚜种群数量在原聚集中心上扩散,东西走向形成2个聚集中心,平均每株瓜蚜量分别达832和1053头,数量较前期有所下降,瓜蚜中度发生程度以下仅发生在碾子井、景庄和四眼井等地,发生面积约占调查范围的10%,其他各地瓜蚜发生程度均属于中度以上.7月30日,瓜蚜种群数量进一步下降,分布范围也逐渐缩小,聚集中心仍位于上述位置,平均每株最高瓜蚜量仅202头,香山乡的碾子井、三眼井和红圈以及喊叫水乡的新庄子村瓜蚜种群数量属于中度以上发生,其他各地均属于中度以下发生.

3 讨 论

研究区瓜蚜空间分布类型及其数量在不同发生时期都显示了明显的空间结构,存在空间连续性和明显的结构性,其强度随着距离的延长而减弱,说明地理信息系统能够较好反映瓜蚜的空间动态,可以进行以地统计学为基础的压砂瓜害虫空间动态分布研究,可为瓜蚜区域化预测预报技术研究提供理论依据和技术方法.

随着GIS空间分析技术的发展,具有不同空间特性的分析模型和理论可应用于不同的空间分析需求.其中,偏重空间关系理论的分析方法即所谓的空间表面分析方法,可使用空间关系理论对未知空间的值进行估计,要求特定领域问题的分布特性必须能满足所采用的空间分析理论,可应用于空间数据较缺乏时的建模应用;完全基于特定领域问题(如生态学问题)空间特性的分析方法则需要在完善的

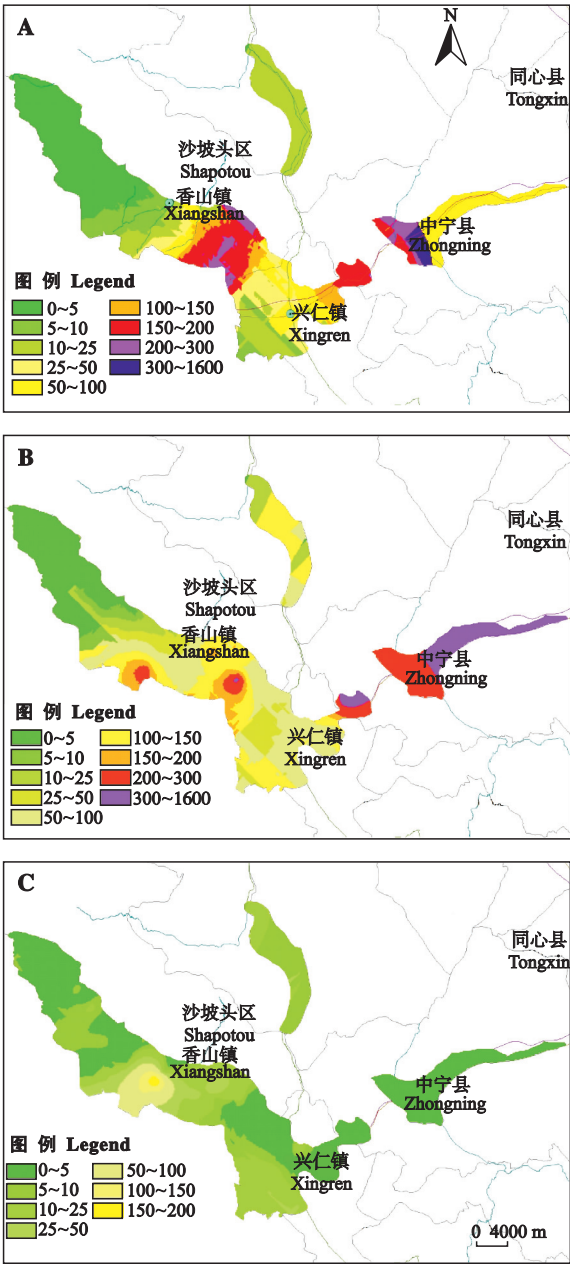


图2 不同时期研究区瓜蚜种群数量的普通 Kriging 插值图
Fig.2 Maps of Kriging interpolation for *Aphis gossypii* population in different periods in the study area (2008).
A: 6-10; B: 7-6; C: 7-30.

空间数据基础之上,通过领域模型计算得出新的空间平面,没有针对空间关系的要求。

表面分析方法中的反距离权重插值法^[21] (inverse distance weighted, IDW) 假定局部的变化趋势影响内部待预测点,当已知观测点的分布较均匀且没有异常数据时, IDW 方法可以较精确地确定一个连续的表面空间;全局多项式 (global polynomial, GP) 和局部多项式插值方法 (local polynomial, LP) 利用多项式方程进行运算,模拟一个光滑表面,因此多项式拟合方法适合分析变化缓慢且具有全局趋势的表面^[22-24];地统计方法则以区域化变量理论为基础,以变差函数为主要工具,研究在空间分布上既有随机性又有结构性的自然现象,更注重空间位置带来的统计意义,即不仅关注量上的差异,还关注方向上的差异^[25]。病虫害空间分布具有一定的随机性和结构性,通常不能满足 IDW、GP、LP 模型对空间平滑特性的要求。因此本文采用地统计方法来刻画瓜蚜发生发展的空间规律,并取得了较好效果。

基于领域问题空间特性的建模方法对基础地理数据要求很高,如建立病虫害空间数量与分布动态模型,需要采用多时相遥感数据获取地形、坡向、地面温度、土地利用类型、植被覆盖类型等空间数据,配合具有定位信息的野外调查实采生物数据(病虫害发生量、天敌数量等)。但该方法涉及了直接或间接地影响害虫种群数量变化的因素,所得到的空间预测结果是对多种因素综合考虑的结果,尤其适于生态关系的建模分析,可使建模过程更自然、更有效。随着基础地理数据的不断补充完善和共享程度的提高,该类空间方法的数据瓶颈得到缓解后,必能在生态规律研究中得到广泛应用。

参考文献

- [1] Zhai L-R (翟连荣). Using of spatial analysis technology in pest population management. *Chinese Bulletin of Entomology* (昆虫知识), 1997, **34**(5): 314-318 (in Chinese)
- [2] Zhang R (张 蓉), Zhu M-M (朱猛蒙), Ma J-H (马建华), et al. Suitable habitat of *Therioaphis trifolii* population on arable lands of southern Ningxia based on GIS. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2009, **20**(8): 1998-2004 (in Chinese)
- [3] Wang Z-J (王正军), Cheng J-A (程家安), Zhu Z-R (祝增荣). Geographic information system and its application in integrated pest management. *Acta Agriculturae*

- Zhejiangensis* (浙江农业学报), 2000, **12**(4): 233-238 (in Chinese)
- [4] Rpssi RE, Mulla DJ, Journel AG, et al. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecological Monographs*, 1992, **62**: 277-314
- [5] Zhou Q (周 强), Zhang R-J (张润杰), Gu D-X (古德祥). Review of geostatistics applied in insect population spatial structure. *Zoological Research* (动物学研究), 1998, **19**(6): 482-488 (in Chinese)
- [6] Lentz DL, Bye R, Sanchez-Cordero V. Ecological niche modeling and distribution of wild sunflower (*Helianthus annuus* L.) in Mexico. *International Journal of Plant Sciences*, 2008, **169**: 541-549
- [7] Ganeshaiah KN, Barve N, Chandrashekara, et al. Predicting the potential geographical distribution of the sugarcane woolly aphids using GARP and DIVA-GIS. *Current Science*, 2003, **85**: 1526-1528
- [8] Gage SH, Wirth TM, Simmons GA. Predicting regional gypsy moth (Lymantriidae) population trends in an expanding population using trap catch and spatial analysis. *Environmental Entomology*, 1990, **19**: 370-377
- [9] Gribko LS, Liebhold AM, Hohn ME. Model to predict gypsy moth (Lepidoptera, Lymantriidae) defoliation using Kriging and logistic regression. *Environmental Entomology*, 1995, **24**: 529-537
- [10] Kruss A. Effects of landscape structure and habitat type on a plant-herbivore-parasitoid community. *Ecography*, 2003, **26**: 283-290
- [11] Wang Z-J (王正军), Cheng J-A (程家安), Li D-M (李典谟). Design and building of GIS database for *Chilo suppressalis*. *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), 2001, **44**(4): 525-533 (in Chinese)
- [12] Hao J-J (郝建军), Chen K (陈 克), Luo Y (骆 勇), et al. Establishment of Geographic Information System in Wheat Diseases. Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1995 (in Chinese)
- [13] Wang H-K (王海扣), Wang Q (王 群), Cheng X-N (程遐年), et al. Application of geographical information system in analyzing the dynamic of the brown plant hopper in Jiangsu Province. *Journal of Southwest Agricultural University* (西南农业大学学报), 1998, **20**(5): 432-437 (in Chinese)
- [14] Wang Z-Q (王志强), Liu S-F (刘声锋), Yu R (于 蓉). The integrated pest management technology in watermelon and melon field. *Northern Horticulture* (北方园艺), 2007, **32**(3): 189-190 (in Chinese)
- [15] Zhang J-T (张君亭), Sun T-L (孙廷林), Men X-Y (门兴元), et al. Distribution and geostatistics *Adelphocoris suturalis* and analysis of spatial pattern of its main natural enemies in alfalfa field. *Shandong Agricultural*

- Sciences* (山东农业科学), 2010, **47**(2): 20–23 (in Chinese)
- [16] Zhang R (张 蓉), Leng Y-F (冷允法), Zhu M-M (朱猛蒙). Spatial structure analysis and distribution simulation of *Therioaphis trifolii* population based on geostatistics and GIS. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2007, **18**(11): 2580–2585 (in Chinese)
- [17] Wang Z-J (王正军), Li D-M (李典谟), Xie B-Y (谢宝瑜). Analysis on spatial distribution and dynamics of *Helicoverpa armigera* (Hubner) eggs, based on GIS and GS. *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), 2004, **47**(1): 33–40 (in Chinese)
- [18] Cliff AD, Ord JK. *Spatial Processes, Models and Applications*. London: Pion Ltd., 1981
- [19] Ding Y-Q (丁岩钦). *Entomological Mathematics Ecology*. Beijing: Science Press, 1994 (in Chinese)
- [20] Li Z (李 政), Su Y-X (苏永秀), Ding M-H (丁美花). The comparison of different interpolating methods based on the date of station temperature. *Journal of Guangxi Meteorology* (广西气象), 2006, **27**(1): 90–91 (in Chinese)
- [21] Wang J (汪 俊), Gao J-Y (高金耀), Wu Z-C (吴招才), *et al.* The local polynomials fitting methods on geospatial data merging: An application to the multi-re-sources marine sediment thickness data. *Marine Sciences* (海洋科学), 2009, **33**(4): 25–28 (in Chinese)
- [22] Yuan W-P (袁慰平), Sun Z-Z (孙志忠), Wu H-W (吴宏伟), *et al.* *Calculation Method and Practice*. Nanjing: Southeast University Press, 2009 (in Chinese)
- [23] Polzehl J, Spokoiny V. *Varying Coefficient Regression Modeling by Adaptive Weights Smoothing*. Berlin: WIAS, 2004
- [24] Zou Y-D (邹运鼎), Bi S-D (毕守东), Wang X-S (王祥胜), *et al.* Geostatistical analysis on spatial pattern of *Macrosiphum granarium* and *Aphidius*. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2001, **12**(6): 887–891 (in Chinese)
- [25] Li L (李 磊), Zou Y-D (邹运鼎), Bi S-D (毕守东), *et al.* Geostatistic analysis on spatial patterns of *Aphis gossypii* and *Erigonidium graminicola*. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2004, **15**(6): 1043–1046 (in Chinese)

作者简介 朱猛蒙,男,1979年生,助理研究员.主要从事昆虫生态学及预测预报研究,发表论文2篇. E-mail: zhumeng79@yahoo.com.cn

责任编辑 杨 弘
